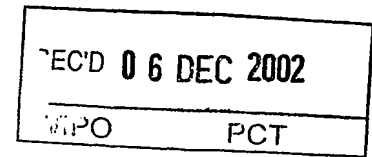


**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 10 723.8

**Anmeldetag:** 12. März 2002

**Anmelder/Inhaber:** ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Spurwechselassistent für Kraftfahrzeuge

**IPC:** G 08 G, G 05 D

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 27. November 2002  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Weihmayer

## SPURWECHSELASSISTENT FÜR KRAFTFAHRZEUGE

### STAND DER TECHNIK

- 5 Die Erfindung eines Spurwechselassistenten, der im Rahmen eines Querführungssystems für Kraftfahrzeuge auf einen Befehl des Fahrers hin einen automatischen Wechsel des Fahrzeugs auf eine Nachbarspur steuert und ein einminütig entgegengesetzte Richtungen aus einer Neutralstellung bewegbares Bedienelement aufweist.

10

In Kraftfahrzeugen werden zunehmend Systeme eingesetzt, die den Fahrer bei der Fahrzeugführung unterstützen oder ihm spezielle Fahrmanöver erleichtern (Advanced Driver Assistance Systems; ADAS). Eine Funktion dieser Systeme ist die Querführungsunterstützung (Lane Keeping Support; LKS). Dabei wird die

15

Ist-Position des Fahrzeugs relativ zu der befahrenen Fahrspur ermittelt und mit einem Sollwert verglichen, der typischerweise der Mitte der Spur entspricht. Das Ausgangssignal besteht dann in einem Stellsignal für einen Aktor, der in das Lenkungssystem des Fahrzeugs eingreift, sei es um den Fahrer durch ein zusätzliches Lenkdrehmoment zu unterstützen oder um eine völlig autonome

20

Querführung durchzuführen, die keinen Eingriff des Fahrers mehr erfordert.

Ergänzend zu dieser Querführungsunterstützung, die dazu dient, die derzeit befahrene Spur beizubehalten, sind Spurwechselassistenten bekannt, die durch einen Befehl des Fahrers aktiviert werden, beispielsweise wenn ein Überholvorgang eingeleitet oder beendet werden soll, und die dann den Fahrer bei dem

25

Spurwechsel unterstützen oder diesen Spurwechsel automatisch steuern. Das Bedienelement dient zur Eingabe des Spurwechselbefehls. Nachdem der Spurwechselbefehl eingegeben wurde, läuft im automatischen Betrieb der Spurwechselvorgang gemäß einem fest vorgegebenen Programm ab, das jedoch häufig

30

nicht den tatsächlichen Wünschen des Fahrers entspricht.

### AUFGABE, LÖSUNG UND VORTEILE DER ERFINDUNG

- Aufgabe der Erfindung ist es, einen Spurwechselassistenten zu schaffen, bei dem der Ablauf des Spurwechselvorgangs besser an die Wünsche des Fahrers
- 35 angepaßt werden kann.

- 2 -

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß dem Bedienelement für jede Verstellrichtung ein Sensor zugeordnet ist, der ein der Betätigung des Bedienelements entsprechendes mehrwertiges Ausgangssignal liefert, das die Dynamik des Spurwechselvorgangs bestimmt.

5

Der Begriff "Dynamik des Spurwechselvorgangs" bezieht sich auf die Geschwindigkeit, mit der der Spurwechsel vollzogen wird. Bei geringer Dynamik erstreckt sich der Spurwechselvorgang über einen längeren Zeitraum, und der Lenkeinschlag bleibt relativ gering, so daß die beim Spurwechsel auftretenden Querbeschleunigungen des Fahrzeugs entsprechend niedrig bleiben. Dies ermöglicht einen Spurwechsel mit hohem Komfort in Verkehrssituationen, in denen ausreichend Zeit für den Spurwechsel zur Verfügung steht. In anderen Verkehrssituationen, beispielsweise wenn ein vorausfahrendes, zu überholendes Fahrzeug plötzlich bremst, ist dagegen eine höhere Dynamik des Spurwechselvorgangs erforderlich, d.h. das Fahrzeug wechselt schneller auf die Nebenspur, und es treten entsprechend höhere Querbeschleunigungen auf. Die Erfindung bietet dem Fahrer die Möglichkeit, durch die Art und Weise, wie er das Bedienelement betätigt, die Dynamik des Spurwechselvorgangs nach Wunsch zu dosieren.

20 Bei den mehrwertigen Ausgangssignalen der Sensoren, die dem Bedienelement zugeordnet sind, kann es sich um analoge Signale oder auch um mehrwertige digitale Signale handeln, die den Verstellweg, die Verstellkraft oder das Drehmoment repräsentieren, das der Fahrer auf das Bedienelement ausübt.

25 Das Querverführungsunterstützungssystem besteht im Kern aus einem elektronischen Regler, der von einer Sensoreinrichtung, beispielsweise einem elektronischen Kamerasystem, ein Signal erhält, das die Ist-Position des Fahrzeugs relativ zu den Grenzen der befahrenen Fahrspur repräsentiert. Der Regler vergleicht die Ist-Position mit einem Sollwert, der beispielsweise der Spurmitte entspricht, und gibt als Ausgangssignal einen Stellbefehl an ein Lenkungsstellglied des  
30 Fahrzeugs aus, so daß die Querposition des Fahrzeugs auf den Sollwert eingeregelt wird. Die Hauptkomponente des Spurwechselassistenten ist ein durch Software und/oder Hardware gebildetes Funktionsmodul dieses Reglers, das den Sollwert sprunghaft oder stetig auf einen der Nebenspur entsprechenden Wert  
35 ändert. Ergänzend können Steuerungskomponenten vorgesehen sein, mit denen der vom Regler ausgegebene Stellbefehl modifiziert wird, um in der Übergangsphase während des Spurwechsels die Lenkbewegungen bzw. die Querposition

des Fahrzeugs zu steuern.

- Die Dynamik des Spurwechselvorgangs kann auf verschiedene Weise beeinflußt werden, beispielsweise über die Geschwindigkeit, mit der der Sollwert verändert wird, durch Begrenzung des Lenkeinschlags, der durch das Ausgangssignal des Reglers bestimmt wird, oder durch direkte Modifikation dieses Ausgangssignals. Häufig ist der Regelalgorithmus für die Querführungsunterstützung so ausgelegt, daß eine gemessene Soll/Ist-Abweichung innerhalb einer bestimmten Fahrtstrecke, der sogenannten Vorausschauweite, auf null zurückgeführt wird.
- Die Vorausschauweite ist zumeist geschwindigkeitsabhängig und wird deshalb bevorzugt in der Form einer Zeitlücke, der Vorausschauzeit, angegeben, die gleich dem Quotienten aus Vorausschauweite und Absolutgeschwindigkeit des Fahrzeugs ist. Je kleiner die Vorausschauzeit ist, desto heftiger muß der Lenkausschlag ausfallen, um die Querposition des Fahrzeugs innerhalb dieser Vorausschauzeit wieder auf den Sollwert zu regeln. Wenn nun durch den Querführungsassistenten der Sollwert verändert wird, läßt folglich eine hohe Dynamik des Spurwechselvorgangs durch Wahl einer kleinen Vorausschauzeit erreichen.
- Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

- Das Bedienelement wird bevorzugt durch einen Hebel gebildet, der so am Lenkrad angeordnet ist, daß der Fahrer bei der Betätigung dieses Hebels die Hände am Lenkrad behalten kann. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei diesem Hebel um den Blinkschalter des Fahrzeugs. Der Verstellweg eines Blinkschalters wird üblicherweise in jeder Richtung durch einen Anschlag begrenzt. Jedem Anschlag ist ein Druckpunkt vorgelagert, der überwunden werden muß, damit der Blinkschalter in der Einschaltposition einrastet und dann eingeschaltet bleibt, bis die Lenkung wieder in die Neutralposition zurückgestellt wurde. Die Sensoren, die die vom Fahrer gewünschte Dynamik erfassen, sind bevorzugt an den Anschlägen angeordnet und messen beispielsweise die Kraft, mit der der Fahrer den Hebel gegen den Anschlag drückt.
- Wenn der Fahrer einen Spurwechsel beabsichtigt und sich davon überzeugt hat, daß die Verkehrssituation dies erlaubt, wird er durch Betätigung des Blinkschalters zunächst die Spurwechselabsicht für andere Verkehrsteilnehmer an-

zeigen. Wenn er dann den Blinkschalter über den Druckpunkt hinaus gegen den Anschlag bewegt, so wird der Spurwechselassistent aktiviert, und zugleich wird anhand der vom Sensor gemessenen Betätigungskraft die Dynamik des Spurwechsels bestimmt. Der weitere Ablauf des Spurwechsels kann dann automa-  
5 tisch vom Spurwechselassistenten gesteuert werden. Wenn der Spurwechselvorgang abgeschlossen ist, kehrt der Blinkschalter wie üblich selbsttätig in die Neutralstellung zurück.

10 In einer modifizierten Ausführungsform ist es auch möglich, die Sensoren an den Druckpunkten des Blinkschalters anzuordnen.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird die von den Sensoren gemessene Betätigungskraft zeitaufgelöst ausgewertet, und der Lenkeinschlag wird entsprechend der gemessenen Betätigungskraft variiert. Auf diese Weise behält der Fah-  
15 rer zumindest in der Anfangsphase des Spurwechselvorgangs die Kontrolle, so daß er den Spurwechselvorgang je nach Wunsch beschleunigen, verzögern oder auch ganz abbrechen kann. In der Endphase des Spurwechselvorgangs, etwa von dem Zeitpunkt an, an dem die Mitte des Fahrzeugs auf die andere Spur wechselt, setzt dagegen wieder bevorzugt die automatische Regelung ein, so daß  
20 die Querposition des Fahrzeugs dann unabhängig von der Betätigung des Bedienelements auf die Mitte der neuen Spur geregelt wird. Erforderlichenfalls kann der Fahrer den Spurwechselvorgang dann immer noch abbrechen, indem er das Bedienelement in der entgegengesetzten Richtung betätigt.

25 In einer modifizierten Ausführungsform wird der Spurwechselvorgang von Anfang an automatisch gesteuert und die Dynamik wird bei Betätigung des Bedienelements bestimmt, beispielsweise anhand des Maximalwertes des Sensorsignals, und bleibt dann für den gesamten Spurwechselvorgang gültig. Statt die auf den Sensor ausgeübte Kraft zu messen, kann es in diesem Fall zweckmäßiger  
30 sein, die Zeit zu messen, während der der Fahrer das Bedienelement gegen den Anschlag drückt. So kann der Fahrer durch kurzes Antippen des Bedienelements einen langsamen Spurwechsel auslösen. Wenn er einen rascheren Spurwechsel wünscht, hält er das Bedienelement entsprechend länger in der Anschlagposition. Gemäß einer weiteren Abwandlung ist es denkbar, anstelle des  
35 Anschlags mehrere gestaffelte Druckpunkte vorzusehen, wobei die Überwindung jedes Druckpunkts einem Spurwechsel mit höherer Dynamik entspricht.

Die mit Hilfe des Bedienelements und der Sensoren gewonnene Information über den Spurwechselwunsch des Fahrers kann, vorzugsweise in digitaler Form über einen Daten-Bus, beispielsweise einen CAN-Bus, auch an andere Systemkomponenten des Fahrzeugs übermittelt werden und läßt sich dann beispielsweise  
5 dazu nutzen, im Rahmen einer radargestützten Abstandsregelung den Ortungsbereich des Radars entsprechend dem Spurwechsel anzupassen und/oder in das zu dem ADAS-System gehörende Längsführungssystem des Fahrzeugs einzugreifen und - etwa bei einem Überholvorgang - die Fahrgeschwindigkeit zu erhöhen.

10

Im folgenden werden ein Ausführungsbeispiele anhand der Zeichnungen näher erläutert.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

15

Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockdiagramm eines Querführungssystems für ein Kraftfahrzeug; und

20

Fig. 2 eine Schematische Darstellung eines Bedienelements für den Spurwechselassistenten.

#### BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSBEISPIELEN

25

In Figur 1 ist schematisch in der Draufsicht ein Fahrzeug 10 dargestellt, das auf der rechten Spur 12 einer Fahrbahn fährt, die außerdem eine Überholspur 14 aufweist. Die Spurmitte 16 ist jeweils durch eine gestrichelte Linie angegeben. Das Fahrzeug 10 setzt gerade zum Überholen eines vorausfahrenden Fahrzeugs 18 an.

30

Das Fahrzeug 10 ist mit einem ADAS-System ausgerüstet, das als Teilsystem ein Querführungssystem mit den folgenden, in Form eines Blockdiagramms dargestellten Komponenten umfaßt: eine durch eine Videokamera 20 und eine Bildverarbeitungseinheit 22 gebildete Sensoreinrichtung, eine Vorgabeeinrichtung  
35 24 zur Vorgabe eines Sollwertes  $\Delta Y_{\text{Soll}}$  für die Querposition des Kraftfahrzeugs 10, eine Regeleinrichtung 26 und ein Lenkungsstellglied 28, das durch ein Befehlssignal B der Regeleinrichtung 26 angesteuert wird und in die Fahrzeuglen-

kung eingreift, um die Querposition des Fahrzeugs 10 auf den Sollwert zu regeln.

Die Ist-Position des Fahrzeugs in der Richtung quer zu seiner Längsachse wird  
5 im gezeigten Beispiel mit der durch die Videokamera 20 und die Bildverarbeitungseinheit 22 gebildeten Sensoreinrichtung erfaßt. Dazu wertet die Bildverarbeitungseinheit 22 das von der Kamera aufgenommene Videobild aus, um die Grenzen der Spuren 12, 14 und die Lage des Kraftfahrzeugs 10 relativ zu diesen Grenzen zu erkennen. Diese Ausführungsform der Sensoreinrichtung ist lediglich  
10 als Beispiel zu verstehen und kann beispielsweise durch Magnetsensoren ersetzt werden, die magnetische Markierungen für die Fahrbahngrenzen erfassen. Ebenso könnten die Fahrbahngrenzen auch mit Hilfe von Reflektoren markiert werden, die von einem Radarsystem des Fahrzeugs erfaßt werden.

15 Wenn die Lage der Spurgrenzen relativ zum Kraftfahrzeug 10 bekannt ist, läßt sich aus diesen Daten auch die Breite der Spur 12 sowie die Lage der Spurmitte 16 ermitteln. Die Sensoreinrichtung ist daher in der Lage, die Ist-Position des Kraftfahrzeugs 10, ausgedrückt durch einen Ist-Wert  $\Delta Y_{ist}$  für die laterale Abweichung von der Spurmitte, an die Regeleinrichtung 26 zu übermitteln. Anhand eines Vergleichs des Ist-Wertes  $\Delta Y_{ist}$  mit dem Sollwert  $\Delta Y_{soll}$  bildet die Regeleinrichtung 26 dann das Befehlssignal B, das an das Lenkungsstellglied 28  
20 übermittelt wird. Der Sollwert  $\Delta Y_{soll}$  wird ebenfalls als laterale Abweichung von der Spurmitte 16 ausgedrückt. Beispielsweise entsprechen positive Werte von  $\Delta Y_{soll}$  einer Abweichung nach rechts von der Spurmitte und negative Werte einer Abweichung nach links von der Spurmitte. Die Vorgabeeinrichtung 24 enthält einen Speicher 30, in dem der jeweils gültige Sollwert gespeichert ist.

Die Regeleinrichtung 26 enthält als ein spezielles Funktionsmodul einen Spurwechselassistenten 32, der mit Hilfe eines am Lenkrad des Fahrzeugs 10 angeordneten Bedienelements 34 aktiviert wird, mit dem er über einen CAN-Bus 36  
30 verbunden ist. Wenn der Fahrer über das Bedienelement 34 den Befehl eingibt, auf die Spur 14 zu wechseln, so ersetzt der Spurwechselassistent 32 den bisher im Speicher 30 gespeicherten Sollwert durch einen neuen Sollwert, der der Spurmitte 16 der Spur 14 entspricht. Die Querposition des Fahrzeugs 10 wird  
35 dann auf den neuen Sollwert geregelt, so daß das Fahrzeug auf die Spur 14 wechselt und dabei beispielsweise einem der in Fig. 1 strichpunktiert eingezeichneten Kurse 38, 40 folgt. Der Kurs 38 zeichnet sich durch eine relativ hohe

Dynamik aus, so daß der Spurwechsel in verhältnismäßig kurzer Zeit und auf einer entsprechend kurzen Strecke vollendet wird, während der Kurs 40 eine geringere Dynamik aufweist.

- 5 Mit Hilfe des Bedienelements 34, das in Fig. 2 näher dargestellt ist, kann der Fahrer die Dynamik des Spurwechsels beeinflussen.

- Das Bedienelement 34 weist als Hauptkomponenten einen in ergonomisch günstiger Position am Lenkrad des Fahrzeugs angeordneten Hebel 42 auf, der zugleich den Blinkschalter des Fahrzeugs bildet. Der Hebel 42 ist um einen Gelenkpunkt 44 schwenkbar und wird elastisch in der in Fig. 2 in durchgezogenen Linien dargestellten Neutralstellung gehalten, wie durch eine Feder 46 symbolisiert wird. Zwei stärkere Federn 48, 50 bilden jeweils einen Druckpunkt für die Dauereinschaltung des rechten bzw. linken Blinkers. Nach Überwindung des Druckpunktes wird der Schwenkbereich des Hebels 42 in jeder Richtung durch einen Anschlag 52 bzw. 54 begrenzt, dem jeweils ein Sensor 60 bzw. 62 zugeordnet ist. Die Sensoren 60, 62 messen die Kraft, mit der der Hebel 42 vom Fahrer gegen den betreffenden Anschlag 52 oder 54 gedrückt wird, und liefern entsprechende Signale L, R über den CAN-Bus an den Spurwechselassistenten 32. Das Signal L bzw. R bewirkt zunächst die Änderung des Sollwertes im Speicher 30. Darüber hinaus gibt die Stärke des jeweiligen Signals die Geschwindigkeit an, mit der der Spurwechsel vollzogen wird.
- 10  
15  
20

- In Fig. 1 ist mit W eine Vorausschauweite bezeichnet, die das Verhalten der Regeleinrichtung 26 bestimmt. Die Regeleinrichtung ist so ausgebildet, daß die Ist-Position des Fahrzeugs 10 innerhalb einer bestimmten Vorausschauzeit mit dem Soll-Wert in Übereinstimmung gebracht wird. Das Produkt aus dieser Vorausschauzeit und der Geschwindigkeit des Fahrzeugs 10 ergibt die Vorausschauweite W, die somit von der Geschwindigkeit des Fahrzeugs abhängig ist. Wenn der Fahrer in der in Fig. 1 gezeigten Situation den Hebel 42 gegen den Anschlag 54 drückt, so wechselt der im Speicher 30 gespeicherte Sollwert von der Mitte der Spur 12 auf die Mitte der Spur 14, und innerhalb der Vorausschauweite W wird die Ist-Position des Fahrzeugs an den neuen Sollwert angepaßt. Auf diese Weise ergibt sich der Kurs 38 in Fig. 1.
- 25  
30

35

Der Spurwechselassistent 32 ist im gezeigten Beispiel so ausgebildet, daß er die Vorausschauzeit und damit auch die Vorausschauweite W in Abhängigkeit von



der durch die Stärke des Signals L bzw. R repräsentierten Kraft variiert, mit der der Fahrer den Hebel 42 gegen den jeweiligen Anschlag drückt. Wenn der Fahrer den Hebel 42 mit schwächerer Kraft gegen den Anschlag 54 drückt, so ergibt sich eine längere Vorausschauzeit und eine größere Vorausschauweite, so daß  
5 das Fahrzeug 10 dann beispielsweise dem Kurs 40 folgt.

Während der ersten Hälfte des Spurwechselvorgangs, also etwa bis zu dem Punkt, an dem das Fahrzeug 10 die Grenze zwischen den Spuren 12, 14 überquert, wird die Vorausschauzeit fortlaufend an die vom Fahrer auf den Hebel 42  
10 ausgeübte Kraft angepaßt, so daß der Fahrer den genauen Kursverlauf nach Wunsch bestimmen kann. Wenn der Fahrer in dieser Phase den Hebel 42 losläßt, wird der ursprüngliche, der Mitte der Spur 12 entsprechende Sollwert wiederhergestellt, d.h. der Spurwechsel wird abgebrochen. Wenn der Fahrer den Hebel 42 am Anschlag 54 hält, bis die Spurgrenze überquert wurde, so wird der  
15 Spurwechselvorgang automatisch vollendet. Der Sollwert bleibt auf dem Wert, der der Mitte der Spur 14 entspricht, und die Vorausschauzeit wird wieder auf den Standardwert gesetzt, so daß sich das Fahrzeug 10 sanft, ohne übermäßige Querbewegungen auf der Mitte der neuen Spur 14 einfädelt.

20 In einer modifizierten Ausführungsform wird der Spurwechselvorgang mit der Vorausschauzeit vollendet, die dem Maximalwert der auf den Hebel 42 ausgeübten Kraft entspricht.

Wenn der Fahrer den Spurwechselvorgang abbrechen möchte, nachdem bereits  
25 die Grenze zwischen den Spuren 12, 14 überschritten wurde, kann dies dadurch bewirkt werden, daß der Hebel 42 gegen den anderen Anschlag 52 gedrückt wird. Wahlweise kann das System auch so ausgelegt sein, daß der Spurwechselvorgang generell nur auf diese Weise abgebrochen werden kann. Da in diesem Falle beim Abbruch des Spurwechselvorgangs (nach links) auch der  
30 rechte Blinker betätigt wird, ist zugleich sichergestellt, daß der übrige Verkehr über die geänderte Absicht des Fahrers informiert wird.

Statt über die Vorausschauzeit und die Vorausschauweite W kann die Dynamik des Spurwechselvorgangs in anderen Ausführungsformen auch auf andere Weise  
35 beeinflußt werden, beispielsweise indem das Signal L bzw. R die Geschwindigkeit bestimmt, mit der der Sollwert allmählich von der Mitte der Spur 12 auf die Mitte der Spur 14 wandert, oder indem das Signal L bzw. R unmittelbar den

- 9 -

Lenkeinschlag bestimmt, der durch das Lenkungsstellglied 28 bewirkt wird. Im letzteren Fall wird die Regelfunktion der Regeleinrichtung 26 während der ersten Phase des Spurwechselvorgangs ausgesetzt und durch eine Steuerung ersetzt, und die Regelung wird erst dann wieder aufgenommen, wenn das Fahrzeug die Spurgrenze überquert hat.

10

15

20

25

30

35

**PATENTANSPRÜCHE**

1. Spurwechselassistent für Kraftfahrzeuge, der im Rahmen eines Querführungssystems (22, 24, 26, 28) des Fahrzeugs (10) auf einen Befehl des Fahrers hin einen automatischen Wechsel des Fahrzeugs auf eine Nachbarspur (14) steuert und ein in entgegengesetzte Richtungen aus einer Neutralstellung bewegbares Bedienelement (34) aufweist, dadurch **gekennzeichnet**, daß dem Bedienelement (34) für jede Verstellrichtung ein Sensor (60, 62) zugeordnet ist, der ein der Betätigung des Bedienelements entsprechendes mehrwertiges Ausgangssignal (L, R) liefert, das die Dynamik des Spurwechselvorgangs bestimmt.
2. Spurwechselassistent nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Bedienelement (34) einen Hebel (42) aufweist und daß der Sensor (60, 62) dazu ausgebildet ist, die Kraft zu messen, mit der Hebel (42) gegen einen Anschlag (52, 54) oder einen Druckpunkt (48, 50) gedrückt wird.
3. Spurwechselassistent nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Hebel (42) zugleich einen Blinkschalter des Kraftfahrzeugs bildet.
4. Spurwechselassistent nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (60, 62) dazu ausgebildet ist, die Betätigung des Bedienelements (34) zeitaufgelöst zu messen und als mehrwertiges Ausgangssignal ein zeitaufgelöstes Signal zu liefern, daß die Stärke des Eingriffs in die Lenkung des Fahrzeugs (10) bestimmt.
5. Spurwechselassistent nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß er in eine Regeleinrichtung (26) integriert ist, die die Querverposition des Fahrzeugs (10) auf einen Sollwert ( $\Delta Y_{\text{soll}}$ ) regelt, und daß der Spurwechselassistent (32) dazu ausgebildet ist, als Reaktion auf das Ausgangssignal (L, R) eines der Sensoren (60, 62) den Sollwert zu ändern.
6. Spurwechselassistent nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß er dazu ausgebildet ist, die Signale (L, R) der Sensoren (60, 62) nur während einer Anfangsphase des Spurwechselvorgangs auszuwerten und dann die Kontrolle an die Regeleinrichtung (26) zu übergeben.

**ZUSAMMENFASSUNG**

Spurwechselassistent für Kraftfahrzeuge, der im Rahmen eines Querführungssystems des Fahrzeugs auf einen Befehl des Fahrers hin einen automatischen Wechsel des Fahrzeugs auf eine Nachbarspur steuert und ein in entgegengesetzte Richtungen aus einer Neutralstellung bewegbares Bedienelement (34) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß dem Bedienelement (34) für jede Verstellrichtung ein Sensor (60, 62) zugeordnet ist, der ein der Betätigung des Bedienelements entsprechendes mehrwertiges Ausgangssignal (L, R) liefert, das die Dynamik des Spurwechselvorgangs bestimmt.

(Fig. 2)

15

20

25

30

35



# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

## PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 02 DEC 2002

WIPO

PCT

### Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:**

101 46 286.7

**Anmeldetag:**

19. September 2001

**Anmelder/Inhaber:**

Micro-Epsilon Messtechnik GmbH & Co KG,  
Ortenburg/DE

**Bezeichnung:**

Integrierbares programmierbares Schalter-Kondensator-  
Lag-Filter zur Aufbereitung der Digitalisierung von Sen-  
sorsignalen

**IPC:**

H 03 H 19/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüng-  
lichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 12. November 2002  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident

im Auftrag

Walner

4401/P/104

Heidelberg, 19. September 2001/kb/

## Patentanmeldung

der Firma

Micro-Epsilon Messtechnik  
GmbH & Co. KG  
Königsbacher Straße 15

94496 Ortenburg

betreffend ein

**„integrierbares programmierbares Schalter-Kondensator-Lag-  
Filter zur Aufbereitung der Digitalisierung von Sensorsignalen“**

---

Repräsentanz Spanien  
E – 03720 Benissa, Alicante  
C/ Andalucia, M(2) – 56

Luisenstraße 14  
D-69115 Heidelberg  
Telefon +49 62 21/60 43-0  
Telefax +49 62 21/60 43-60  
e-mail: un@hd-patent.de

## Integrierbares programmierbares Schalter-Kondensator-Lag-Filter zur Aufbereitung der Digitalisierung von Sensorsignalen

Der Anmeldungsgegenstand betrifft ein integrierbares programmierbares Schalter-Kondensator-Netzwerk, welches in der Lage ist ein moduliertes Sensorsignal synchron zu demodulieren. Es ist eine Filterung der Sensorsignale notwendig aufgrund von Verzerrungen, Klirrfaktoren, Phasenverschiebungen und -drehungen sowie EMV. Daher sollte das Signal zuerst gefiltert und zum Rechteck umgeformt werden und dann abgetastet werden. Schalter-Kondensator-Filter (SC-Filter) lassen sich bekanntlich sehr gut integrieren. Zur synchronen Demodulation eines Sensorsignals ist ein integrierbares N-Pfad Lag-Wellen-SC-Filter entwickelt worden. Damit das Lag-Filter für unterschiedliche Sensoren anwendbar ist, können die Filterkoeffizienten digital programmierbar eingestellt werden. Nach der Filterung kann das Signal ein oder mehrmals abgetastet werden. Bei Mehrfachabtastung kann die Filterung z.B. über Mittelwertbildung erfolgen. Die demodulierten Signale der positiven und negativen Werte der Trägerfrequenz können sowohl mit einem zusätzlichen SC-Netzwerk direkt addiert werden als auch mit einem A/D-Umsetzer gewandelt und von einem Kontroller weiter verarbeitet werden. In beiden Fällen entspricht der so erhaltene Wert dem Messwert des Sensors. Ein weiterer Vorteil dieser Anordnung liegt darin, dass der S&H entfallen kann.

### Anwendung/Produkt:

Integrierte analoge Sensorschaltungen

### Beschreibung

In [1] ist ein Sensormesssystem beschrieben worden mit dem man berührungslos Wegstrecken messen kann. Es besteht aus einer gegenphasig angesteuerten Sensorspule über die berührungsfrei ein Ring liegt. Dieser Ring beeinflusst die Induktivität des Sensors entsprechend der Position des Messobjekts. In der Mitte der Spule befinden sich mehrere Abgriffe, die mit einem Differenzausleseverstärker gemittelt und verstärkt werden. Da die Spule mit dem Wechselspannungssignal aus Fig. 1 betrieben wird, stellt sich am Ausgang des Verstärkers das Wechselspannungssignal und zusätzlich eine Spannung ein, die der aktuellen Lage des Rings und das Einschwingverhalten der realen Spulenschaltung entspricht.

Die Aufgabe besteht in der Demodulation des Signals. Zu diesem Zweck muss das Eingangssignal wieder mit der Trägerfrequenz multipliziert werden und anschließend noch mit einem Tiefpass gefiltert werden. In [2] ist eine Modulation mit einem Sinussignal oder mit einem Rechtecksignal, das sich vorteilhaft bei der Signalverarbeitung auswirkt, vorgeschlagen worden. Durch die Verwendung von Schalter-Kondensator-Schaltungen (SC-Schaltung), die sich sehr gut integrieren lassen, ist eine Modulation und Demodulation mit einem unendlichen Rechtecksignal schon vorgegeben. Es besteht nun das Problem der Lösung folgender Aufgaben:

1. Die Durchführung einer geeigneten Tiefpassfilterung. Aufgrund der Erfahrungen ist eine Lag-Filterstruktur ausgewählt worden [2].
2. Detektion der positiven und negativen Phasen und getrennte synchrone Filterung der beiden Phasen.

In Fig. 2 ist ein äquivalentes passives Referenznetzwerk der zu realisierenden Lag-Filterschaltung dargestellt. Es besteht aus einem Spannungsteiler ( $R_1$  und  $R_2$ ) und einer parallel zu  $R_2$  geschalteten Induktivität  $L$ . Die Übertragungsfunktion dieses Filters ist die eines Lagfilters



$$H(p) = \frac{R_1}{R_1 + \frac{R_2 p L}{R_2 + p L}} = \frac{R_1 [R_2 + p L]}{R_1 [R_2 + p L] + R_2 p L}. \quad (1)$$

Durch weiteres Umformen erhält man

$$H(p) = \frac{1 + p \frac{L}{R_2}}{1 + p \left[ 1 + \frac{R_2}{R_1} \right] \frac{L}{R_2}} \quad (2)$$

mit einer Nullstelle bei der Frequenz  $p = R_2/L$  und einem Pol bei der Frequenz  $p = R_2/L * 1/(1 + R_2/R_1)$ .  $p$  ist die allgemeine komplexe Frequenzvariable.

Mit Hilfe der in [3] beschriebenen Methode kann damit ein entsprechendes Wellenflussdiagramm erstellt werden (Fig. 3). Der linke Block stellt einen Dreitorserienadaptor dar und der rechte Block stellt einen Dreitorparalleladaptor dar [3]. Der Paralleladaptor dient zur Zusammenschaltung des Abschlusswiderstands, des Eingangswiderstands mit Spannungsquelle und eines Tores des Serienadaptors. Der Serienadaptor dient zur Zusammenschaltung der Induktivität, einer idealen Spannungsquelle mit Innenwiderstand Null und der Verbindung mit dem Paralleladaptor. Die drei Netzwerkelemente aus Fig. 2 sind wie folgt realisiert worden:

1. Die Induktivität, in Reihe geschaltet mit einer idealen Spannungsquelle, wird durch die Eintragung einer Induktivität am Tor 4 und einer idealen Spannungsquelle am Tor 5 des Serienadaptors repräsentiert. Da im Falle der idealen Spannungsquelle der Torwiderstand beliebig gewählt werden kann [3], ist er zu Null ausgewählt worden. Die Reihenschaltung der beiden Elemente ist laut Fig. 2 parallel zu den übrigen Elementen, deshalb kann der Torwiderstand  $R_6$  gleich  $R_2$  gewählt werden. Diesen Fall nennt man reflektionsfreien Anschluss [3]. Da der Widerstand  $R_5$  gleich Null ist folgt, dass die Widerstände  $R_4$  und  $R_2$  gleich sind. Die Gleichheit ergibt sich aus den Kirchhofschen Gesetzen [3].
2. An der oberen Seite des rechten Paralleladaptors befindet sich das Wellenflussdiagramm einer widerstandsbehafteten Spannungsquelle.
3. An der rechten Seite des rechten Paralleladaptors befindet sich der Abschlusswiderstand  $R_1$  und der Ausgang des Filters.

Da Wellenfilter zeitdiskret sind, muss anstelle der komplexen Frequenzvariablen  $p$  eine neue Frequenzvariable  $\psi$  mit

$$\psi = \frac{z-1}{z+1} = \tanh\left(\frac{p T}{2}\right), \text{ mit } z = e^{pT} \quad (3)$$

definiert werden, wobei  $T = 1/F$  die Abtastperiode und  $F$  die Abtastfrequenz ist. Für rein imaginäre Frequenzen wird  $p$  zu  $j\omega$  und damit  $\psi$  zu  $j\phi$

$$\phi = \tan\left(\frac{\omega T}{2}\right). \quad (4)$$

Die Adaptorgleichungen [3], die berechnet werden müssen, lassen sich in diesem Fall wie folgt aufstellen. Gleichungen des Serienadaptors:

$$b_6 = -a_1 - a_2 \quad (5)$$

$$\text{und mit } a_0 = a_6 - b_6 \quad (6)$$

$$b_4 = -b_5 - a_6 \quad (7)$$

$$b_5 = a_5 - \gamma_5 a_0 = a_5 \quad (8)$$

mit  $\gamma_5 = 0$  und mit den einfallenden Spannungswellen  $a_i$  und den ausfallenden Spannungswellen  $b_i$  für  $i = 4, 5, 6$ . Setzt man die Gleichungen (7) und (8) in Gl. (5) mit den Definitionen der Elemente ein, so erhält man

$$b_6 = -a_4 z^{-1} - e(1 + z^{-1}) = b_2. \quad (9)$$

Wie man aus der Gl. (9) erkennt, kann man diesen Ausdruck auch als externes Element darstellen, welches aus einer Induktivität besteht und aus einer negativen Quelle, deren Wert einmal direkt und noch einmal verzögert den reflektierten Spannungswert darstellt.

Die Gleichungen für den Paralleladaptor lauten:

$$b_3 = \gamma_1 e + \gamma_2 a_2 \quad (10)$$

$$b_2 = b_3 - a_2 \quad (11)$$

mit den einfallenden Spannungswellen  $a_i$  und den ausfallenden Spannungswellen  $b_i$  für  $i = 1, 2, 3$ . Die Ausgangsspannung ergibt sich nach [3] durch

$$U = \frac{a+b}{2} = \frac{b_3}{2} = \frac{1}{2}(\gamma_1 e + \gamma_2 a_2). \quad (12)$$

Falls man keine parasitären Ströme zulassen möchte, kann man prinzipiell mit Schalter-Kondensator-Schaltungen nur positiv verzögert oder negativ nicht verzögert verstärken oder integrieren. Mit dieser Technik sind in [4] verschiedene Realisierungsarten von Wellen-Schalter-Kondensator-Filtern (SC-Filtern) beschrieben worden.

Fig. 4 zeigt eine Schalter-Kondensator-Realisierung des Lagfilters. Der oberste SC-Verstärker dient zur Nachbildung der Gl. (10). Sein erstes Eingangssignal  $e$  und sein zweites Eingangssignal  $a_2$  werden positiv verzögert und entsprechend Gl. (10) mit den Koeffizienten  $\gamma_1$  bzw.  $\gamma_2$  multipliziert. In der Phase  $\phi$  quer werden die Signale mittels entsprechender Schalter auf den Eingangskapazitäten  $\gamma_1$  und  $\gamma_2$  gespeichert und mit Phase  $\phi$  wird die Multiplikation durchgeführt. Der Ausgang des Verstärkers  $b_3'$  stellt den Ausgang des Filters dar. Da die Spannung sich gemäß Gl. (12) als arithmetischer Mittelwert aus der einfallenden und der reflektierten Spannungswelle ergibt, wird die Spannung am Ausgang um den Faktor zwei verstärkt, weil die Division mit dem Faktor 2 (siehe Gl. (12)) nicht durchgeführt wird. Die beiden Koeffizienten der Gl. (10) werden als Kapazitätsverhältnisse in den Signalfaden nachgebildet. Da diese beiden Kapazitäten diejenigen sind, die allein das Frequenzverhalten bestimmen, sind sie jeweils aus einem Kapazitätsarray gebildet. Durch zusätzliche digitale Steuerleitungen können die einzelnen Kapazitäten in den Signalfad geschaltet und damit die Lage des Pols und der Nullstelle bestimmt werden.

Die Realisierung der Gl. (12) und Gl. (9) wird durch den nicht verzögerten negativen SC-Integrator gebildet (mittlere Operationsverstärker in Fig. 4). Durch Einkopplung seines Ausgangssignals in den SC-Verstärker in Phase  $\phi$  ist die Rückkopplungsschleife geschlossen. Das Zusammenfassen von Gl. (12) und Gl. (9) ergibt

$$b_2' = a_2 z^{-1} - \gamma_1 e z^{-1} - \gamma_2 a_2 z^{-1} - e(1 - z^{-1}) . \quad (13)$$

Der Ausgangswert  $b_2'$  setzt sich zusammen aus dem gespeicherten Integralwert  $a_2$ , dem negativen verzögerten Wert des Ausgangswertes  $b_3$  ( $\gamma_1 e + \gamma_2 a_2$ ) und dem Term  $-e(1 - z^{-1})$ . Der letzte Term wird durch negierte verzögerungsfreie Addition in Phase  $\phi$  quer mit dem Eingangssignal  $e$  und nicht verzögerte Addition in Phase  $\phi$  durchgeführt. Da der nicht verzögerte Eingang mit dem verzögerten Signal  $e$  schalten soll, muß das Eingangssignal  $e$  auch verzögert zur Auswahl gestellt werden.

Hierfür wird der untere Verstärker verwendet. In Phase  $\phi$  quer wird das Eingangssignal auf eine Seite des Verstärkers geschaltet. Da der Verstärker in dieser Phase durch einen Schalter gegengekoppelt ist, liegt auf der anderen Seite der Kapazität die virtuelle Masse. Somit wird in dieser Phase die Eingangsspannung auf der Kapazität gespeichert. In Phase  $\phi$  wird die Kapazität mit dem Ausgang kurzgeschlossen. In dieser Phase wird der Ausgangswert vom Integrator ausgetastet. Mit der Gesamtschaltung läßt sich demnach ein Lag-SC-Filter realisieren.

Das jetzt noch zu lösende Problem ist die Frage wie man mit diesem Filter eine taktsynchrone Verarbeitung realisieren kann, so dass man zwischen positiver und negativer Flanke unterscheiden kann. Durch Verwendung des N-Pfad-Prinzips [4], [5] kann man die aufgestellte Forderung leicht erfüllen.

Die SC-Schaltung ist in Fig. 5 abgebildet. Der obere SC-Verstärker (1) entspricht dem oberen SC-Verstärker von der beschriebenen Lagschaltung aus Fig. 4. Am Ausgang dieses Verstärkers wird wieder das Signal  $b_3'$  abgegriffen. Der SC-Integrator (2) weist zwei Unterschiede zu der Schaltung in Fig. 4 auf. Er besitzt zwei Integratorkapazitäten, die alternierend mit dem Taktsignal  $\phi_1$  und  $\phi_2$  eingeschaltet werden und damit das verzögerte Signal auch auf die entsprechende Kapazität gespeichert wird, ist die Taktung des verzögerten Eingangs von  $\phi$  auf  $\phi$  quer geändert worden. Durch die Taktung kann man mit der Schaltung für die positive Taktphase die Übertragungsfunktion berechnen, während man den alten Wert der negativen Taktphase auf der nicht in

den Signalpfad eingeschalteten Integratorkapazität speichern kann. Dieses gilt auch im umgekehrten Fall für die negative Taktphase. Die Taktfrequenzen  $\phi_1$  und  $\phi_2$  besitzen genau die doppelte Periodenlänge von dem Grundtakt  $\phi$ . Auf diese Weise kann man die Hardware zur Berechnung der positiven und negativen Taktphase benutzen, ohne das man in die Gefahr läuft unterschiedliche Übertragungsfunktionen zu realisieren. Der einzige Grund für eine Unsymmetrie sind die beiden Integratorkapazitäten, die man aber durch ein gezieltes Layout nahezu identisch realisieren (Fehler  $< 0.1 \%$ ) kann. Eine weitere Änderung der Schaltung gegenüber der in Fig. 4 ist der, dass die Verzögerungsleitung einen Takt länger sein muss. Dieses wird durch Einbau von drei weiteren Verzögerungsgliedern erreicht, die einmal mit dem Takt  $\phi$  und einmal mit  $\phi$  quer getaktet werden.

In Fig. 6 ist eine mögliche Übertragungsfunktion abgebildet.

## Patentansprüche

1. Schalter-Kondensator-Schaltung (SC-Schaltung), bestehend aus einem SC-Verstärker (1), der positiv verzögert die beiden Eingänge  $e$  und  $a_2$  mit  $\gamma_1$  und  $\gamma_2$  multipliziert.
2. Schalter-Kondensator-Schaltung nach Anspruch 1, mit einem nicht verzögerten negativen SC-Integrator (2), der die Spannungsverstärkung 1 besitzt.
3. Schalter-Kondensator-Schaltung nach Anspruch 1 oder 2, mit einem positiven verzögerten SC-Verstärker (3) mit der Verstärkung eins, der das Eingangssignal  $e$  nicht verstärkt um eine Halbperiode der Taktfrequenz verzögert.
4. Schalter-Kondensator-Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, mit einem positiven verzögerten SC-Verstärker (4), der das Ausgangssignal gegenüber seinem Eingangssignal nicht verstärkt um eine Halbperiode der Taktfrequenz verzögert.
5. Schalter-Kondensator-Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, mit einem positiven verzögerten SC-Verstärker (5), der das Ausgangssignal gegenüber seinem Eingangssignal nicht verstärkt um eine Halbperiode der Taktfrequenz verzögert.
6. Schalter-Kondensator-Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, mit einem positiven verzögerten SC-Verstärker (6), der das Ausgangssignal gegenüber seinem Eingangssignal nicht verstärkt um eine Halbperiode der Taktfrequenz verzögert.
7. Schalter-Kondensator-Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgang des ersten SC-Verstärkers (1) an dem Eingang des SC-Integrators (2) anliegt und/oder der Ausgang des Integrators (2) an dem zweiten Eingang des SC-Verstärkers (1) anliegt und/oder der Ausgang des dritten SC-Verstärkers (3) an dem Eingang des vierten SC-Verstärkers (4) anliegt und/oder der Ausgang des vierten SC-Verstärkers (4) an dem Eingang des fünften SC-Verstärkers (5) anliegt und/oder der Ausgang des fünften SC-Verstärkers (5) an dem Eingang des sechsten SC-Verstärkers (6) anliegt und/oder der Ausgang des sechsten SC-Verstärkers an dem zweiten Eingang des SC-Integrators (2) anliegt und/oder bei dem das Eingangssignal  $e$  an dem dritten Eingang des SC-Integrators anliegt und/oder bei der die Gesamtschaltung (Eingang  $e$  zu Ausgang des ersten Verstärkers) eine Verzögerung von einer halben Taktperiode aufweist.
8. SC-Integratorschaltung (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, mit zwei Integratorkapazitäten, bei dem durch Verwendung des N-Pfad-Prinzips abwechselnd mit Hilfe der Taktsignale  $\phi_1$  und  $\phi_2$  die Kapazitäten zur Speicherung des alten Wertes bzw. zur Berechnung der reflektierten Spannungswelle benutzt werden und/oder somit für die Berechnung der aktuellen Werte während der positiven und negativen Taktphase  $\phi$  verwendet werden können.
9. SC-Integratorschaltung (2) mit zwei Integratorkapazitäten, bei dem durch Verwendung des N-Pfad-Prinzips abwechselnd mit Hilfe der Taktsignale  $\phi_1$  und  $\phi_2$  die Kapazitäten zur Speicherung des alten Wertes bzw. zur Berechnung der reflektierten Spannungswelle benutzt werden und/oder somit für die Berechnung der aktuellen Werte während der positiven und negativen Taktphase  $\phi$  verwendet werden können.

10. SC-Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei der die Lagfilterfunktion durch Hinzuschalten oder Wegschalten der Kapazitätsteilen  $\gamma_1'$  und  $\gamma_2'$ , die in der Summe maximal zwei ergeben können, digital durch Schalter programmierbar ist.

# Zeichnung

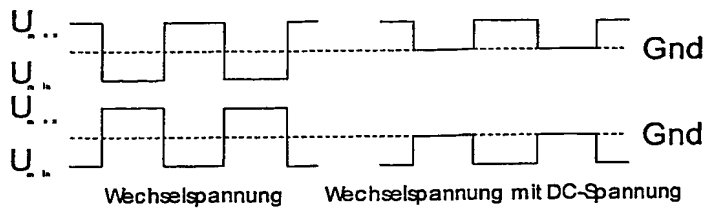


Fig. 1:

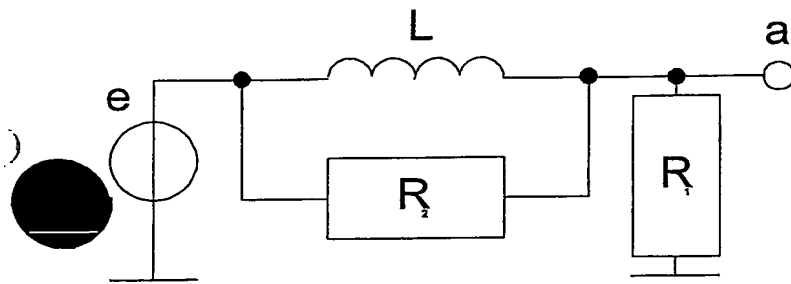


Fig. 2:

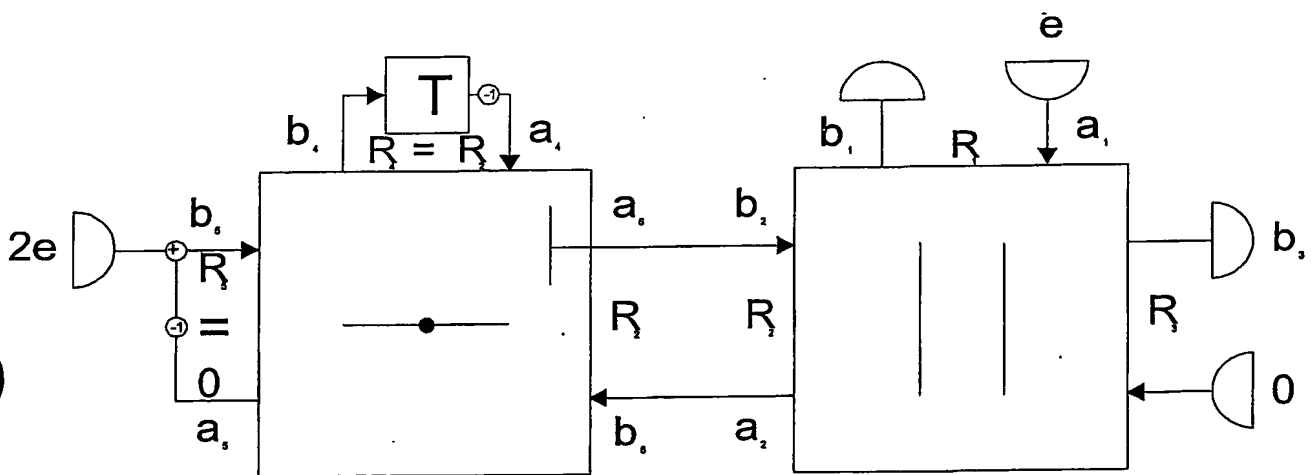
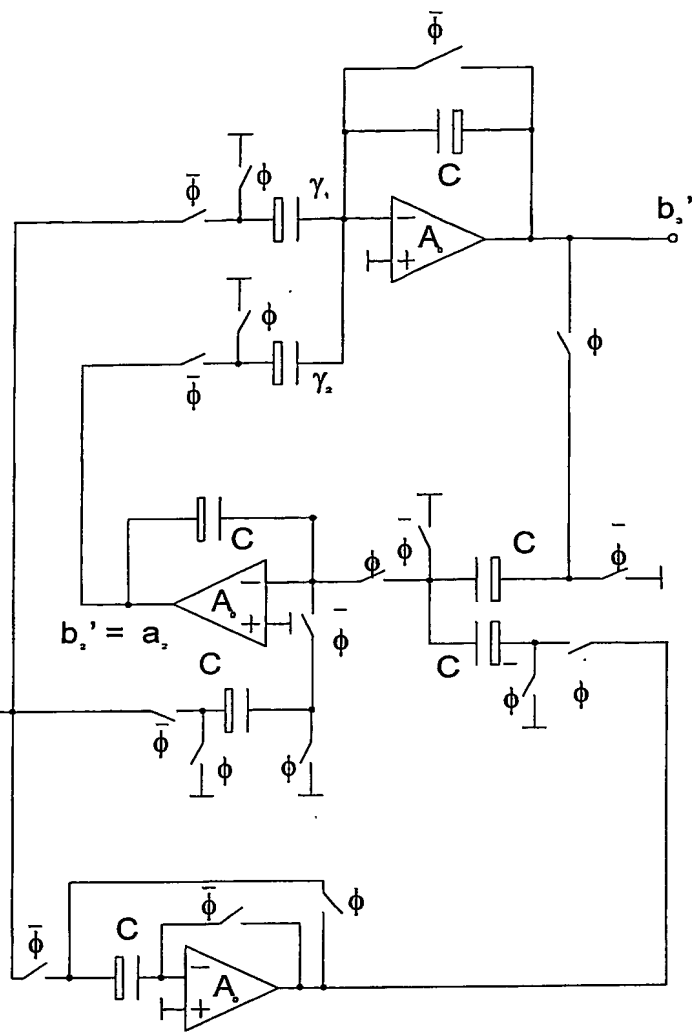


Fig. 3:



**Fig.4:**



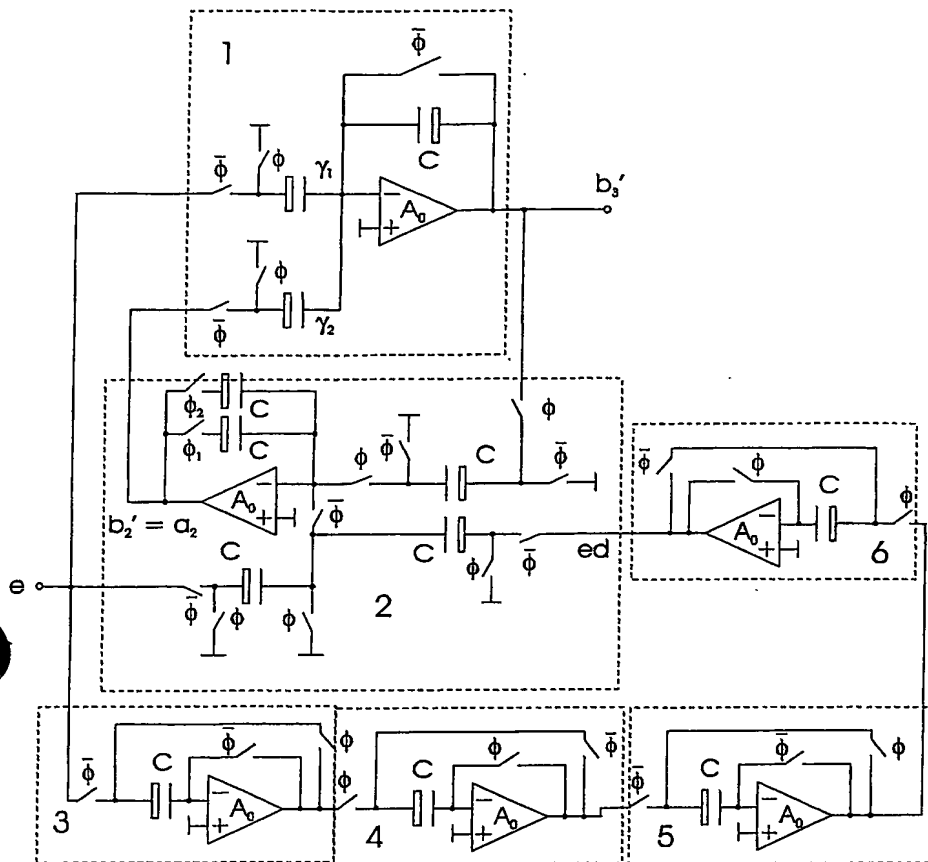


Fig. 5:

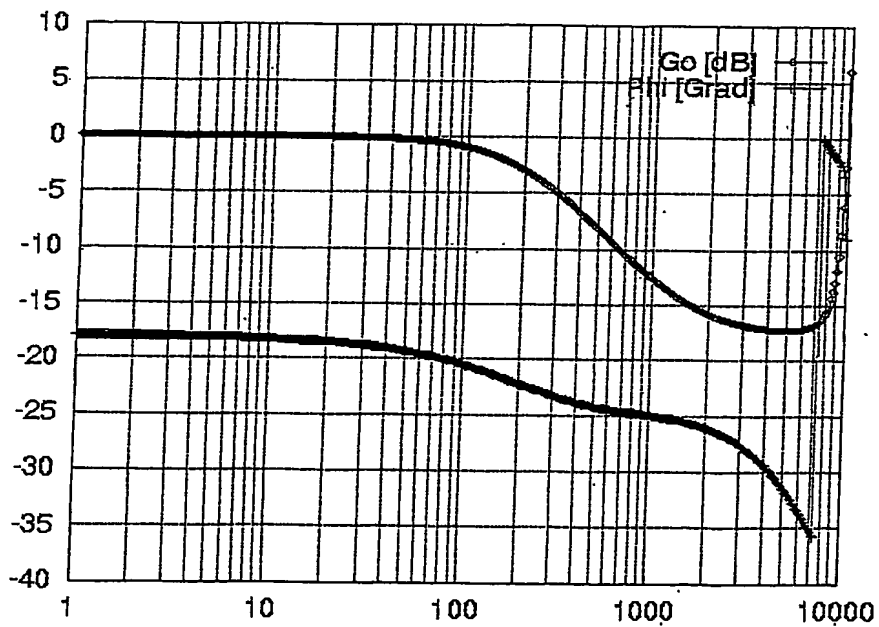


Fig. 6: